

Biologia e manejo de plantas daninhas no sistema de plantio direto de hortaliças



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Hortaliças
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

DOCUMENTOS 161

Biologia e manejo de plantas daninhas no sistema de plantio direto de hortaliças

Núbia Maria Correia

Embrapa Hortaliças
Brasília, DF
2018

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na

Embrapa Hortaliças

Rodovia BR-060, trecho Brasília-Anápolis, km 9
Caixa Postal 218
Brasília-DF
CEP 70275-970
Fone: (61) 3385.9000
Fax: (61) 3556.5744
www.embrapa.br/fale-conosco/sac
www.embrapa.br

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Hortaliças

Presidente
Jadir Borges Pinheiro

Editora Técnica
Mariana Rodrigues Fontenelle

Secretária
Gislaine Costa Neves

Membros
Carlos Eduardo Pacheco Lima
Raphael Augusto de Castro e Melo
Ailton Reis
Giovani Olegário da Silva
Iriani Rodrigues Maldonado
Alice Maria Quezado Duval
Jairo Vidal Vieira
Rita de Fátima Alves Luengo

Supervisora Editorial
Caroline Pinheiro Reyes

Normalização bibliográfica
Antônia Veras de Souza

Tratamento das ilustrações
André L. Garcia

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
André L. Garcia

Foto da capa
Núbia Maria Correia

1ª edição
1ª impressão (2018): 1.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Hortaliças

Correia, Núbia Maria.

Biologia e manejo de plantas daninhas no sistema de plantio direto de
hortaliças / Núbia Maria Correia. - Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2018.

32 p. : il. color. ; 21 cm x 27 cm. (Documentos / Embrapa Hortaliças,
ISSN 1415-2312 ; 161).

1. Erva daninha. 2. Herbicida. 3. Solo. I. Título. II. Embrapa Hortaliças.
III. Série.

CDD 632.58

Autores

Núbia Maria Correia

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia (Produção Vegetal), pesquisadora da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

Apresentação

As plantas daninhas podem depreciar a quantidade e a qualidade dos produtos colhidos, além de servirem como hospedeiras alternativas de pragas, doenças e nematoides. Portanto, o controle dessas espécies nas culturas agrícolas é importante para que o potencial produtivo seja mantido. Dentre os métodos de manejo, o químico é um dos mais utilizados em hortaliças, principalmente nos cultivos em larga escala. No entanto, outras estratégias devem ser adotadas, associadas ou não ao químico, para mitigar o uso de herbicidas.

Como opção, tem-se o sistema de plantio direto, cuja principal característica é o não revolvimento do solo. Como consequência, os resíduos das culturas anteriores e das plantas daninhas ficam sobre o terreno, formando a cobertura morta. São inúmeros os aspectos positivos atribuídos à permanência de uma cobertura, viva ou morta, sobre o solo, inclusive na comunidade infestante. Esse fato ocorre devido aos efeitos físicos, biológicos e químicos da palha, na germinação e/ou emergência das plantas daninhas.

No plantio direto, o manejo da cobertura vegetal (planta daninha ou espécie de cobertura) antes da semeadura ou plantio da cultura é feito com a aplicação de herbicidas ou mecânico, por meio de rolo-faca, roçadora ou tritor. A morte da cobertura vegetal estabelecida antes da semeadura ou plantio da hortaliça, representa o principal fator de sucesso do sistema. O manejo mecânico é eficaz, desde que a espécie a ser controlada não tenha estrutura de reprodução vegetativa, como rizoma, estolão ou capacidade de se desenvolver a partir da base do caule; pois, nesses casos, ao cortar a parte aérea das plantas, estas rebrotarão.

Apenas a manutenção dos resíduos vegetais sobre o solo, por outro lado, pode não ser suficiente para o manejo eficaz das plantas daninhas, que

deverá ser complementado com estratégias químicas, manuais (arranquio ou monda) ou físicas (lâmina de polietileno). Isto será agravado quando não for feito o cultivo de espécies de cobertura antecedendo a semeadura ou o plantio da hortaliça, pois não será formada palha de qualidade e em quantidade satisfatória para a inibição da infestação.

Warley Marcos do Nascimento
Chefe Geral da Embrapa Hortaliças

Sumário

Introdução.....	11
A cobertura morta e os seus efeitos na comunidade infestante	12
Manejo da cobertura vegetal	20
Aplicação de herbicida em pré-emergência no SPD.....	24
Aplicação de herbicida em pré-emergência após a dessecação	24
Aplicação de herbicida em pós-emergência após a semeadura ou plantio.....	27
Considerações finais	28
Referências	29

Introdução

A principal característica do sistema de plantio direto é o não revolvimento do solo. Como consequência, os resíduos das culturas anteriores e das plantas daninhas ficam sobre o terreno, formando a cobertura morta. Eliminam-se, assim, os cultivos mecânicos que se efetuam durante o desenvolvimento da cultura e as operações de aração e gradagem que, no preparo convencional, são realizadas antes da semeadura.

São inúmeros os aspectos positivos atribuídos à permanência de uma cobertura, viva ou morta, sobre o solo, como proteção do solo contra erosão eólica e hídrica e regeneração da fertilidade, aumento da infiltração de água no solo, redução da amplitude térmica do solo, criação de ambiente propício para atividade biológica, melhoria da estrutura do solo, substanciais efeitos na flora infestante, dentre outros (Correia et al., 2007).

Quanto aos efeitos na comunidade infestante, a cobertura do solo altera a umidade, luminosidade e temperatura, principais elementos no controle da dormência e germinação de sementes. Pode também prejudicar as plântulas em desenvolvimento, pela barreira física, causando o estiolamento e tornando-as suscetíveis aos danos mecânicos. Além disso, pode atuar por efeitos químicos, como alterações na relação carbono/nitrogênio (C/N) e alelopatia; e favorecer o desenvolvimento de insetos e fungos, dos quais, muitos são predadores e hospedeiros de sementes e parte aérea das plantas daninhas (Correia; Rezende, 2002; Correia; Durigan, 2004). No entanto, a eficácia da palha para o controle de plantas daninhas, dependerá do tipo e da quantidade depositada sobre o solo, além da espécie de planta daninha, que pode ser, ou não, afetada pela cobertura morta; inclusive para algumas, a palha estimulará a germinação das sementes, decorrente da quebra da dormência. Por isso, nas áreas já estabelecidas sob sistema de plantio direto houve mudança na flora infestante, com o predomínio das espécies que se adaptaram ao sistema.

A palha também pode comprometer a capacidade do herbicida residual em atingir o solo e, conseqüentemente, o controle da planta daninha em pré-emergência. Esse efeito será maior ou menor, dependendo das características físicas e químicas dos herbicidas, como solubilidade, pressão de vapor e

polaridade. A quantidade e a época em que as chuvas ou irrigação ocorrem após a aplicação, além de mudanças na constituição química dos materiais vegetais em decomposição, também podem exercer grande influência na retenção dos herbicidas pela palha. Se não ocorre o escoamento da palha para o solo, o herbicida ficará exposto a perdas por fotodegradação, volatilização e até mesmo adsorção aos resíduos vegetais. A capacidade de adsorção dos herbicidas à palha é dependente do seu grau de decomposição ou da idade.

A cobertura morta e os seus efeitos na comunidade infestante

A palha pode afetar a germinação e, ou a emergência das plantas por três processos distintos: o físico, o biológico e o químico, mas, no campo ocorrem interações entre eles. O efeito físico é importante para sementes que precisam de luz para iniciar o processo germinativo, por causa da diminuição da quantidade e modificação da qualidade da luz, e para aquelas que necessitam de grande amplitude de variação térmica diária (Theisen et al., 2000; Pitelli; Durigan, 2001). Além disso, o efeito físico da palha reduz as chances de sobrevivência das plântulas com pequena quantidade de reservas nas sementes, pois antes da emergência, as plântulas morrem, devido ao esgotamento das reservas.

Algumas ações biológicas podem ser beneficiadas pela presença da palha, pois esta propicia condições para instalação de uma densa e diversificada microbiota na camada superficial do solo. De maneira geral, os microrganismos exercem importantes funções na deterioração e perda de viabilidade dos diversos tipos de sementes, frutos e plântulas no solo (Pitelli; Durigan, 2001). Deve-se considerar ainda que a palha cria abrigo seguro para alguns insetos, roedores e outros pequenos animais, que se alimentam de sementes e partes aéreas das plantas daninhas (Pitelli; Durigan, 2001).

Os efeitos químicos estão relacionados com a liberação de substâncias químicas pelas plantas, alterações na relação carbono/nitrogênio (C/N), imobilização e reciclagem de nutrientes. Com o processo de decomposição

da palha ocorre a liberação gradativa de uma série de compostos orgânicos denominados aleloquímicos, de origem vegetal ou microbiana, que podem interferir diretamente na emergência de plantas daninhas, assim como na perda da viabilidade de seus diásporos (sementes ou frutos) (Correia; Durigan, 2004). Resíduos vegetais de decomposição rápida têm, geralmente, ação alelopática intensa, mas de curta duração, e os de decomposição lenta prolongam essa ação por mais tempo (Almeida, 1991). A atividade alelopática depende diretamente do tipo e da quantidade do material vegetal depositado na superfície, do tipo de solo, da população microbiana, das condições climáticas e da composição específica da comunidade infestante.

Ressalta-se também que, com a deposição de material vegetal com alta relação C/N, o nitrogênio mineral do solo é imobilizado pelos microrganismos que dele necessitam para a síntese de seus compostos celulares, chegando a desaparecer do solo durante o período de crescimento máximo da comunidade microbiana. Nesse período, dependendo das exigências nutricionais da planta daninha, esta pode ter o crescimento e o desenvolvimento inibidos, devido à escassez temporária de nitrogênio mineral do solo. Cardoso (1992) afirmou que somente na fase de declínio da comunidade microbiana o nitrogênio mineral volta a aparecer, sendo mineralizado pelos indivíduos vivos a partir das células microbianas mortas.

No sistema de plantio direto, o tipo de cobertura morta é muito importante, visto que, em quantidades similares, há respostas distintas entre as coberturas para uma mesma espécie de planta daninha. O que pode ser justificado pela sua constituição química, associada ou não às propriedades alelopáticas, e até mesmo pelo formato e espessura do resíduo vegetal, que condicionará uma cobertura mais eficiente do solo. Além dos fatores relacionados anteriormente, a dinâmica da flora infestante no sistema de plantio direto também é dependente da espécie de planta daninha. Nesse sentido, Correia et al. (2006) relataram que a composição específica e as densidades populacionais das comunidades infestantes foram influenciadas pelo sistema de produção de cobertura morta e variaram com a espécie avaliada, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Número de plantas de *Amaranthus* spp., *Bidens pilosa*, *Chamaesyce* spp., *Commelina benghalensis* e *Leucas martinicensis*, submetidas a quatro tipos de cobertura⁽²⁾ e dois níveis de palha, além da testemunha (sem palha).

Espécie de planta daninha ⁽¹⁾	Níveis de palha (t/ha)	Tipos de cobertura				Testemunha
		Sorgo	Milheto forrageiro	Pé-de-galinha	Braquiaraõ	
<i>Amaranthus</i> spp.	3,0	13,0	1,0	0,0	11,0	36,0
	5,5	0,0	1,0	12,0	14,0	
<i>Bidens pilosa</i>	3,0	107,0	108,0	42,0	51,0	286,0
	5,5	2,0	81,0	17,0	120,0	
<i>Chamaesyce</i> spp.	3,0	38,0	58,0	32,0	8,0	0,0
	5,5	8,0	58,0	24,0	5,0	
<i>Commelina benghalensis</i>	3,0	1,0	0,0	12,0	86,0	66,0
	5,5	5,0	23,0	7,0	8,0	
<i>Leucas martinicensis</i>	3,0	1,0	1,0	0,0	20,0	75,0
	5,5	20,0	1,0	2,0	3,0	

⁽¹⁾ *Amaranthus* spp. (caruru), *Bidens pilosa* (picão preto), *Chamaesyce* spp. (erva-de-Santa Luzia), *Commelina benghalensis* (trapoeraba), *Leucas martinicensis* (falsa-menta).

⁽²⁾ Sorgo (*Sorghum bicolor* x *S. sudanensis* 'Cober Exp'), milheto forrageiro (*Pennisetum americanum* 'BN2'), braquiário (*Urochloa brizantha*), pé-de-galinha (*Eleusine coracana*).

Fonte: Correia et al. (2006).

Em outro trabalho, a cobertura do solo com palha de cana-de-açúcar inibiu a emergência de *Urochloa decumbens* (capim-braquiária) e *Digitaria horizontalis* (capim-colchão) e a perda da viabilidade de sementes, pois aquelas que não germinaram na presença da palha não o fizeram após a sua remoção. Contudo, para *Ipomoea triloba* (campainha) e *Ipomoea hederifolia* (jitirana) o número de plântulas emergidas não diferiu entre as quantidades de palha estudadas, e para *Ipomoea quamoclit* (primavera) a emergência de plântulas aumentou com a manutenção da palha de cana-de-açúcar sobre o solo (Correia; Durigan, 2004).

A palha, portanto, também pode favorecer algumas espécies de plantas daninhas, pela redução na amplitude de variação térmica diária do solo, pela

conservação da umidade do solo ou, ainda, pela melhoria química, física e biológica do solo, além da possível eliminação de substâncias alelopáticas, com a decomposição da cobertura morta, que pode contribuir para a quebra da dormência de sementes.

O estiolamento de plantas de *Rottboellia cochinchinensis* (capim-camalote), oriundas de sementes depositadas a 10 cm de profundidade com a manutenção de 15 t/ha de palha de cana-de-açúcar na superfície, além da emergência de *I. triloba* e *D. horizontalis* decorrente da quantidade de palha de cana-de-açúcar mantida sobre o solo, estão ilustradas nas Figuras 1 e 2, respectivamente.



Foto: Núbia Maria Correia.

Figura 1. Estiolamento de plantas de *Rottboellia cochinchinensis* (capim-camalote) oriundas de sementes depositadas a 10 cm de profundidade no solo com a manutenção de 15 t/ha de palha de cana-de-açúcar na superfície. Foto: Núbia Maria Correia.

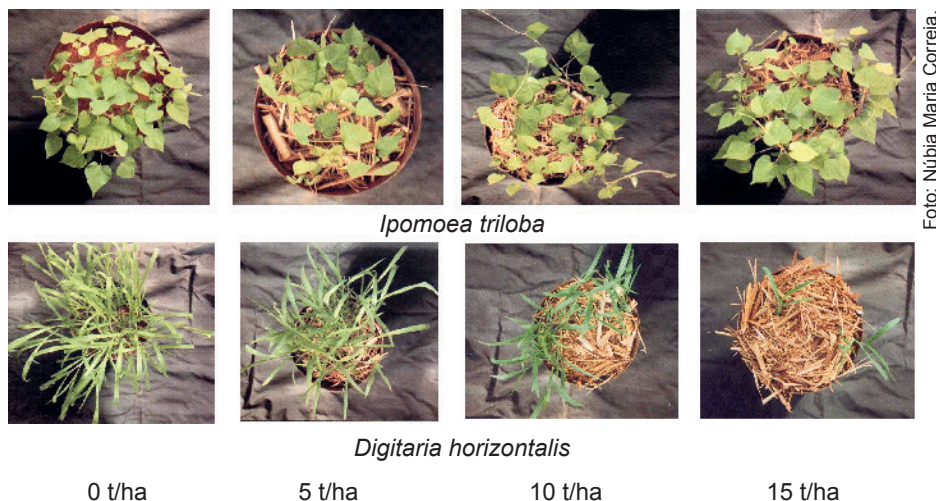


Foto: Núbia Maria Correia.

Figura 2. Emergência de *Ipomoea triloba* (campinha) e *Digitaria horizontalis* (capim-colchão) em função da quantidade de palha de cana-de-açúcar mantida sobre o solo.

Fonte: Correia; Durigan (2004).

Os efeitos dos resíduos vegetais, no entanto, não são limitados apenas às espécies de plantas daninhas, podendo interferir no desenvolvimento das culturas subsequentes (sucessão). Esse fato pode ocorrer pelos processos físicos, biológicos e químicos, assim como possível interação entre eles. Contudo, na maioria dos estudos realizados, principalmente com as culturas de soja, milho e trigo, os efeitos inibitórios foram atribuídos a processos químicos (alelopatia e imobilização de nitrogênio) (Nepomuceno et al., 2017; Roth et al., 2000; Vasconcellos et al., 1999). Os resultados foram dependentes da quantidade elevada e do grau de decomposição da palha antes da semeadura das culturas. A incorporação ao solo ou a trituração dos resíduos acelera a sua decomposição, reduzindo o potencial inibitório da cobertura na cultura em sucessão. Além da liberação de substâncias orgânicas durante o processo de decomposição da palha, aspectos nutricionais também devem ser considerados, como deficiência de fósforo e nitrogênio, pois, para decompor os materiais vegetais adicionados ao solo, os microrganismos imobilizam estes nutrientes, indisponibilizando-os temporariamente.

Para hortaliças, a palha de milheto (*Pennisetum glaucum*), devido à alta quantidade mantida sobre o solo (cerca de 25 t/ha), embora tenha exercido

excelente controle das plantas daninhas, prejudicou o desenvolvimento das plantas de alface americana, tanto no primeiro quanto no segundo cultivo na área (Silva Hirata et al., 2014).

Apenas a manutenção dos resíduos vegetais sobre o solo, no entanto, pode não ser suficiente para o manejo eficaz das plantas daninhas, que deverá ser complementado com estratégias químicas, manuais (arranquio ou monda) ou físicas (lâmina de polietileno). Esse manejo complementar será agravado quando não for realizado o cultivo de espécies de cobertura antecedendo a semeadura ou o plantio da hortaliça, pois não será formada palha de qualidade e em quantidade satisfatória para a inibição da infestação. Além disso, faz parte das estratégias de manejo integrado manter o terreno sempre coberto, com cobertura viva ou morta, para inibir o desenvolvimento e a produção de sementes das plantas daninhas. Com isso, evita-se a adição de novos diásporos ao solo e o aumento do potencial de infestação das áreas.

Alguns estudos com hortaliças comprovaram os benefícios da palha no manejo de plantas daninhas. A esse respeito, o plantio direto de melão sob palha de braquiário (*Urochloa Brizantha*) promoveu redução na densidade e na matéria seca de plantas daninhas em 87% e 61%, respectivamente, comparado ao plantio convencional; e a interferência destas na cultura reduziu a produtividade comercial em 100% no plantio convencional e 36% no plantio direto, além de aumentar o consumo de água nos dois sistemas de plantio (Teófilo et al., 2012). Nesse trabalho, o efeito da palha no manejo de plantas daninhas foi complementado com a capina ou com uso de filme de polietileno. Em outro estudo, a cobertura morta de capim-braquiária (*Urochloa decumbens*), braquiária-ruziziensis (*Urochloa. ruziziensis*) e milheto (*Pennisetum glaucum*), associada aos herbicidas metribuzin e fluazifop-p-butyl, foi eficaz no manejo da comunidade infestante na cultura do tomate rasteiro (Silva Hirata et al., 2009). Os autores também relataram que o uso de plantas daninhas para a formação de palha promoveu cobertura deficiente do solo e resultou no aumento da infestação. Factor et al. (2010) também constataram efeito negativo da palha de plantas daninhas na produtividade de raízes de beterraba, contrário às palhas de milho e milheto + crotalária, que resultaram em maior produtividade.

Em experimento desenvolvido na Embrapa Hortaliças⁽¹⁾ constatou-se que, comparado ao preparo convencional do solo, no sistema de plantio direto do tomateiro rasteiro sob palha de milho (em torno de 10 t/ha) houve redução de 86% na infestação de plantas daninhas (*Portulaca oleraceae* 'beldroega', *Euphorbia heterophylla* 'amendoim-bravo', *Amaranthus* spp. 'caruru', *Bidens* spp. 'picão-preto', *Oxalis latifolia* 'trevo', *Commelina benghalensis* 'trapoeiraba' *Ageratum conyzoides* 'mentrasto' e *Sida* spp. 'guanxuma'), refletindo diretamente no uso de herbicidas; pois uma única aplicação de metribuzin (288 g/ha) foi suficiente para a manutenção do controle, sem a necessidade da aplicação de graminicida (Figura 3). Contrário à área do sistema convencional, que necessitou de duas aplicações de metribuzin (288 g/ha) e de mais duas de graminicida (clethodim e quizalofop-p-ethyl). A infestação de milho tigüera foi muito alta nesse tratamento, pois o preparo do solo favoreceu a disseminação e a germinação das sementes de milho.

Na atualidade, em que se preconiza o uso racional de agroquímicos, associados a práticas que levem a maior sustentabilidade, o plantio direto é um sistema de grande importância para todas as culturas. Por outro lado, existem plantas daninhas de ocorrência mais comum nos cultivos de hortaliças do que nos sistemas de produção de cereais ou oleaginosas, como *Oxalis latifolia* (trevo-azedo), *C. rotundus* (tiririca), *Solanum americanum* (Maria-pretinha), *Chenopodium album* (ançarinha-branca), *Galinsoga parviflora* (botão-de-ouro), entre outras. Não há relatos na literatura sobre o comportamento dessas espécies a partir da adoção do sistema de plantio direto de hortaliças. Cabe, então, a realização de pesquisas para o esclarecimento da dinâmica da infestação nas áreas, além da necessidade ou não da combinação com outras estratégias de manejo.

Para *C. rotundus* alguns trabalhos indicaram que, apenas o não revolvimento do solo já desfavorece a espécie e que, dependendo da hortaliça, essa inibição pode ser maior. Isto está relacionado à capacidade e velocidade de cobertura do solo pela cultura, pois *C. rotundus* é muito sensível ao sombreamento. Como foi observado por Jakelaitis et al. (2003), em que houve redução significativa da população *C. rotundus* no sistema de plantio direto, em relação ao preparo convencional, tanto no milho grão ou silagem como no feijoeiro,

¹ Informação do autor. Dados obtidos no ano agrícola 2016/2017, ainda não publicados.

em todas as épocas de avaliação. Esse resultado foi atribuído pelos autores ao revolvimento do solo, que favoreceu a propagação e o estabelecimento da planta daninha. Contrário ao plantio direto, que além do não-revolvimento do solo, houve o efeito da dessecação com os herbicidas glyphosate e 2,4-D. Além disso, em outro estudo, as espécies mucuna-preta (*Stizolobium*

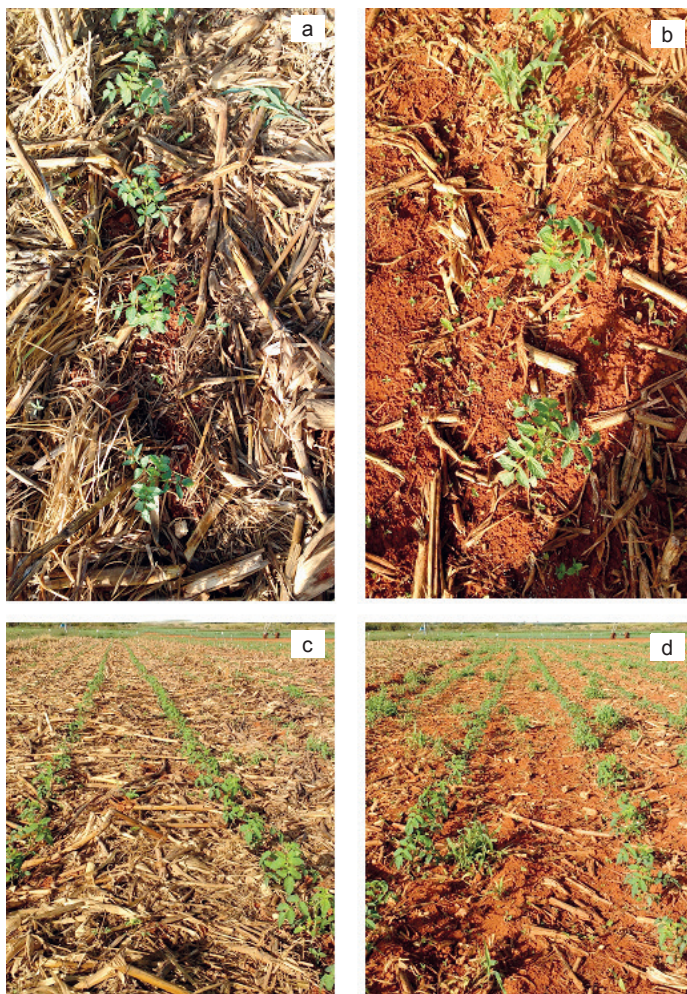


Foto: Núbia Maria Correia.

Figura 3. Emergência de plantas daninhas nas parcelas do tomateiro plantado no sistema de plantio direto (a) e preparo convencional do solo (b), além da vista geral do experimento: plantio direto (c) convencional (d).

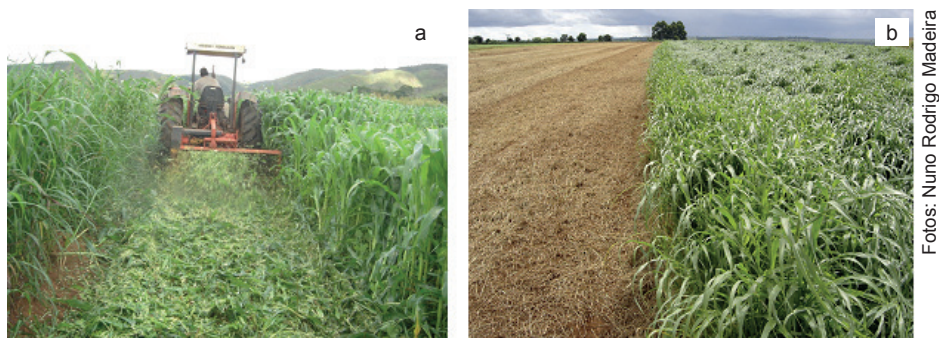
atterrimum) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), utilizadas como adubo verde antes do cultivo de alface americana e repolho, foram as mais eficazes no controle de *C. rotundus*, possivelmente por efeito alelopático; e o cultivo de repolho proporcionou maior redução da infestação da planta daninha do que o de alface americana (Fontanétti et al., 2004).

Manejo da cobertura vegetal

No sistema convencional, o controle de plantas daninhas antes da semeadura de uma cultura é feito por operações mecânicas (aração e gradagem), enquanto no plantio direto, devido ao não revolvimento do solo, o manejo é feito com a aplicação de herbicidas, ou mecânico, por meio de rolo-faca, roçadora ou triturador de restos culturais (triton). A morte da cobertura vegetal (planta daninha ou espécie de cobertura), estabelecida antes da semeadura ou plantio da hortaliça, representa o principal fator de sucesso do sistema.

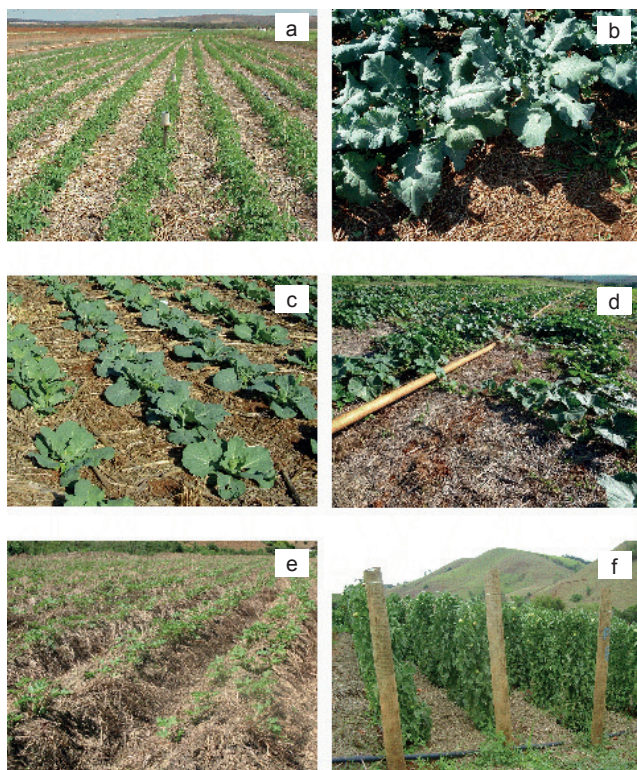
O manejo mecânico é eficaz, desde que a espécie a ser controlada não tenha estrutura de reprodução vegetativa, como rizoma (exemplo: *Digitaria insularis* ‘capim-amargoso’, *Urochloa decumbens* ‘capim-braquiária’ e *Panicum maximum* ‘capim-colonião’), estolão (exemplo: *Cynodon dactylon* ‘grama-seda’) e tubérculo (exemplo: *Cyperus rotundus* ‘tiririca’), ou capacidade de se desenvolver a partir da base do caule (exemplo: *Conyza* spp. ‘buva’, *Sida* spp. ‘quanxuma’), pois, nesses casos, ao cortar a parte aérea das plantas, estas rebrotarão. Isto foi observado no estudo de Silva Hirata (2014), no qual houve maior acúmulo da matéria seca de plantas daninhas quando essas foram roçadas, devido à rebrota das espécies perenes, que retomaram o crescimento após o corte. O plantio direto deve ser feito sobre cobertura morta e não sobre cobertura verde, ou parcialmente morta, com possibilidade de rebrota.

O manejo mecânico de plantas de milheto (*Pennisetum* sp.) para formação de palha e a cobertura viva e morta dessa espécie cobrindo o terreno, estão apresentados na Figura 4. Já o plantio direto de tomate rasteiro e estaqueado, brócolis, repolho, abóbora e mandioquinha-salsa sobre diferentes tipos de cobertura morta, estão ilustrados na Figura 5.



Fotos: Nuno Rodrigo Madeira

Figura 4. Manejo mecânico de plantas de milheto (*Pennisetum* sp.) para formação de palha (a) e a cobertura morta e viva dessa espécie cobrindo o terreno (b).



Fotos: Nuno Rodrigo Madeira

Figura 5. Plantio direto de tomate rasteiro (a), brócolis (b) e repolho (c) sobre palha de milheto (*Pennisetum* sp.); abóbora (d), mandioquinha-salsa (e) e tomate estaqueado sobre palha de capim-braquiária (*Urochloa decumbens*), aveia preta (*Avena strigosa*) e milho (*Zea mays*), respectivamente.

O manejo químico da cobertura vegetal antes da instalação da cultura é denominado de “dessecação”. Mesmo sendo aplicados antes da semeadura ou do plantio da hortalica no campo, os herbicidas devem ser registrados para a cultura de interesse nessa modalidade. Essa preocupação está no seu possível efeito inibitório às plantas, em virtude da permanência de resíduos no solo. Por isso, é importante ficar atento ao produto aplicado, principalmente, em decorrência da dosagem usada e do intervalo de tempo entre a aplicação e a instalação da hortalica no campo.

Dentre os herbicidas registrados para “dessecação” no sistema de plantio direto tem-se o amônio-glufosinato e o diquat, que possuem registro para algumas hortaliças (Tabela 2). Porém, em alguns casos, o registro é para aplicação localizada, nas entrelinhas em jato dirigido, após a instalação da hortalica, como é o caso de amônio-glufosinato para repolho. É importante ressaltar que, embora o produto tenha registro para aplicação localizada na entrelinha, isto não significa que pode ser aplicado antes da semeadura ou do plantio da hortalica. Aplicações localizadas na entrelinha são feitas quando a cultura está com determinada altura e profundidade de sistema radicular, de modo que, as plantas não terão contato direto com o herbicida ou, mesmo se tiver, terão maior condição de metabolizá-lo. Contudo, o mesmo não ocorre em aplicações antes do plantio, pois o sistema radicular é mais superficial (no caso de mudas) ou as sementes poderão entrar em contato com o herbicida. Por isso, sem estudo ou conhecimento prévio, apenas a informação de registro para a hortalica, não é suficiente para mudanças na época de aplicação do herbicida.

Tabela 2. Grupo químico, espectro de controle e translocação na planta dos herbicidas amônio-glufosinato, diquat e paraquat e as hortaliças com registro.

Ingrediente ativo	Grupo químico	Espectro de controle	Translocação na planta	Hortalica com registro
Amônio-glufosinato	Ácidos fosfínicos	Monocotiledôneas e eudicotiledôneas	Imóvel	Alface, batata, repolho
Carfentrazone-ethyl	Triazolinone	Eudicotiledôneas	Imóvel	Batata
Diquat	Bipiridílios	Monocotiledôneas e eudicotiledôneas	Imóvel	Batata, beterraba, cebola

Fonte: Rodrigues; Almeida (2011), Brasil (2018).

Há uma grande carência de herbicidas registrados para hortaliças, ainda mais limitante para o sistema de plantio direto. Das 32 hortaliças citadas no Agrofitec do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 15 delas não possuem nenhum herbicida registrado, seja para aplicação em pré ou pós-emergência, antes ou após a instalação das culturas (Brasil, 2018). Especificamente sobre o sistema de plantio direto, somente sete culturas (alface, aspargo, batata, beterraba, cebola, couve e repolho) possuem herbicidas registrados para possível “dessecação” pré-semeadura/plantio destas. Embora, como foi mencionado anteriormente, a época de aplicação para algumas delas é após a implantação.

Além do número reduzido de hortaliças com registro, os herbicidas amônio-glufosinato e diquat possuem limitações quanto ao manejo da cobertura vegetal, visto que, apesar do amplo espectro de controle (monocotiledôneas e eudicotiledôneas), são eficazes para o controle de espécies anuais e perenes, desde que as plantas estejam em crescimento vegetativo. Essa limitação de uso é explicada pela baixa mobilidade nas plantas, classificados como imóveis pelo xilema e floema. Logicamente, espécies perenes, após a formação das estruturas de reprodução vegetal, também não são controladas por esses herbicidas.

O herbicida mais usado no manejo da cobertura vegetal no sistema de plantio direto de culturas como soja, milho, feijão ou trigo, é o glyphosate, que não possui registro para nenhuma hortaliça. Aliás, foi a partir do registro desse herbicida no Brasil, que o sistema de plantio direto expandiu no país. Essa alta aceitabilidade é justificada pelas principais características do glyphosate, como amplo espectro de controle, eficácia no controle de espécies anuais e perenes (inclusive com propagação vegetativa), mesmo no estágio reprodutivo (plantas adultas), rápida biodegradação e forte adsorção ao solo, que favorecem a semeadura das culturas logo após a sua aplicação.

Com base nos fatores relacionados anteriormente, deve-se preconizar no sistema de plantio direto de hortaliças o cultivo de espécies de cobertura para formação de palha, que sejam facilmente eliminadas por meio mecânico (rolo-faca, roçadora ou triton), como o milheto e a aveia preta; e sem a presença de estruturas de reprodução vegetativa (como rizomas, bulbos ou estolões), que possam rebrotar após o corte da parte aérea.

Aplicação de herbicida em pré-emergência no sistema de plantio direto (SPD)

Aplicação de herbicida em pré-emergência na dessecação

Em algumas situações no campo, na aplicação de manejo da cobertura vegetal é adicionado o herbicida residual para o controle de plantas daninhas que vierem a germinar após a dessecação. Isso é feito nas áreas de produção de tomate rasteiro, onde são aplicados os herbicidas glyphosate (para dessecação das plantas) mais s-metolachlor e metribuzin (herbicidas de ação residual) (Correia, 2015). No entanto, apenas o herbicida metribuzin possui registro para a cultura.

Para a realização dessa associação (dessecação mais residual), devem ser observadas algumas características físicas e químicas do herbicida residual, como solubilidade e polaridade, que refletem na retenção pela palha; e também a porcentagem de cobertura verde sobre o solo. A aplicação do herbicida de manejo associado ao herbicida residual não é recomendada quando a cobertura verde ocupar mais de 30% da superfície do solo. Percentuais maiores podem comprometer a eficácia do herbicida residual, em virtude da sua retenção pela cobertura verde.

Aplicação de herbicida em pré-emergência após a dessecação

No sistema de plantio direto, o tipo e a quantidade da cobertura morta na superfície do solo podem comprometer a capacidade do herbicida residual atingir o solo, por causa da retenção do produto pela palha.

Dependendo das características físicas e químicas dos produtos, a palha terá maior ou menor influência na sua eficácia. Alguns autores citam que a solubilidade em água é a principal característica, que confere maior ou menor capacidade de um herbicida atingir o solo no sistema de plantio direto. Outras características, no entanto, podem exercer esse efeito, como a pressão de vapor e o coeficiente de partição octanol-água, que medem a volatilidade e a intensidade da afinidade da molécula pela fase polar (representada pela água) e apolar (representada pelo octanol), respectivamente.

Na Tabela 3 são apresentados o grupo químico, o espectro de controle, a solubilidade em água, a pressão de vapor e o coeficiente de partição octanol-água dos herbicidas pulverizados em pré-emergência ou pré-plantio com incorporação ao solo registrados para hortaliças.

A quantidade e a época das chuvas que ocorrem após a aplicação também exercem grande influência na retenção dos herbicidas pela palha. Dependendo da sua solubilidade em água, o herbicida exigirá maior quantidade de água, para ser lixiviado da palha para o solo. Além disso, se o intervalo de tempo entre a aplicação e a ocorrência da primeira chuva for longo, somado ao fato da molécula ser instável quanto a perdas por volatilização (maior pressão de vapor) e fotodegradação, até a sua remoção da palha para o solo, o herbicida ficará exposto a perdas para o ambiente e até mesmo adsorção aos resíduos vegetais. Consequentemente, o controle será ineficaz.

Com 10 t/ha de palha de cana-de-açúcar na superfície do solo, o controle de *U. decumbens* (capim-braquiária) e *P. maximum* (capim-colonião) pelo herbicida s-metolachlor não foi afetado quando choveu até 12 dias da sua aplicação (Correia et al., 2012). Por outro lado, para o trifluralin, apenas traços do herbicida foram detectados no solo e na palha de aveia-preta, mesmo após irrigação de 20 mm (Rodrigues et al., 1998). Os autores atribuíram o ocorrido, possivelmente, à rápida fotodegradação e volatilização do herbicida na palha, impedindo-o de atingir o solo e ser incorporado pela água de irrigação. Além disso, o trifluralin é insolúvel em água, o que dificulta a sua remoção da palha para o solo.

Outro fator responsável pela inibição da lixiviação dos herbicidas refere-se à adsorção desses na palha. A capacidade diferenciada de adsorção dos herbicidas pode ser atribuída às mudanças da composição química da palha e ao seu envelhecimento. O aumento da adsorção nos resíduos vegetais em deterioração é associado ao enriquecimento de lignina destes. Em condição de fraca afinidade, os herbicidas podem ser removidos e seguir o fluxo da água (Dao, 1991).

A fragmentação da palha, decorrente da sua deterioração, pode resultar em acréscimos na adsorção de herbicidas, devido ao aumento na sua superfície de contato. O aprisionamento ou absorção física das moléculas do herbicida

Tabela 3. Grupo químico, espectro de controle, solubilidade em água, pressão de vapor e coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}) dos herbicidas pulverizados em pré-emergência ou pré-plantio com incorporação ao solo registrados para hortaliças.

Ingrediente ativo	Grupo químico	Espectro de controle	Características físicas e químicas			Hortaliças com registro
			Solubilidade (mg/L)	Pressão de vapor (Pa)	Octanol-água (K_{ow})	
Carfentrazone-ethyl + clomazone	Triazolinone	Monocotiledôneas e eudicotiledôneas	2200	$1,6 \times 10^{-5}$	3,36 (log)	Melão
	Isoxazolidinona		1100	$1,92 \times 10^{-2}$	350	
Clomazone	Isoxazolidinona	Monocotiledôneas e eudicotiledôneas	1100	$1,92 \times 10^{-2}$	350	Batata, pimentão
Flumioxazin	ftalimidas	Eudicotiledôneas e algumas gramíneas	1,79	$2,41 \times 10^{-6}$	2,55 (log)	Alho, batata, cebola
Isoxaflutole	isoxazoles	Monocotiledôneas e algumas eudicotiledôneas	6,8	$3,2 \times 10^{-7}$	2,32 (log)	Batata
Linuron	Uréias substituídas	Eudicotiledôneas	75	$1,7 \times 10^{-5}$	0	Alho, batata, cebola, cenoura, ervilha
Metamitron	Triazinonas	Eudicotiledôneas	1700	$8,6 \times 10^{-7}$	0,71 (log)	Beterraba
Metribuzin	Triazinonas	Eudicotiledôneas	1100	$1,6 \times 10^{-5}$	44,7	Aspargo, batata, tomate
Oxadiazon	Oxadiazoles	Eudicotiledôneas e algumas gramíneas	700	$1,03 \times 10^{-4}$	63100	Alho, cebola
Oxyfluorfen	Difeniléteres	Eudicotiledôneas e algumas gramíneas	0,1	$2,67 \times 10^{-4}$	29400	Cebola
Pendimethalin	Dinitroanilinas	Monocotiledôneas e algumas eudicotiledôneas	0,275	$1,25 \times 10^{-3}$	152000	Alho, batata, cebola
Trifluralin	Dinitroanilinas	Monocotiledôneas e algumas eudicotiledôneas	0,3	$1,47 \times 10^{-2}$	118000	Alho, berinjela, cebola, cenoura, couve, couve-flor, quiabo, pimentão, repolho, tomate

Fontes: Rodrigues; Almeida (2011), Brasil (2018).

dentro de estruturas da parede celular, como as microfibrilas de celulose embebidas na matriz de lignina-hemicelulose, também pode favorecer o aumento na capacidade de adsorção (Dao, 1991; Reddy et al., 1997).

Aplicação de herbicida em pós-emergência após a semeadura ou plantio

A cobertura morta exerce substancial efeito na emergência das plantas daninhas, porém, como foi relatado no tópico 2, esse efeito pode ser nulo, inibitório ou estimulatório, dependendo da espécie infestante, do tipo e da quantidade de palha sobre o solo. Assim, após a semeadura ou plantio da hortaliça, poderão ocorrer novos fluxos de emergência de plantas daninhas na área, cujas opções de controle são o químico, com a aplicação de herbicidas em pós-emergência, seguindo a mesma recomendação para o preparo convencional de solo; eliminação manual (arranquio ou monda) e capina mecânica (com enxada, enxadinha ou enxadão). O uso de cultivador a tração animal ou tratorizada não deve ser usado no sistema de plantio direto.

Pesquisadores, extensionistas e produtores rurais pioneiros nos estudos e adoção do sistema de plantio direto no Brasil, condenam qualquer tipo de revolvimento de solo nesse sistema, inclusive a prática de capina. No entanto, dada à escassez de herbicidas registrados para hortaliças, além da segmentação de mercado (como agricultura de base ecológica e agricultura orgânica), se aceita a capina integrada à cobertura do solo no manejo de plantas daninhas. O problema da capina não está apenas na movimentação de solo, mas também por favorecer a decomposição mais rápida dos resíduos vegetais.

Os herbicidas aplicados em pós-emergência das plantas daninhas (pós-semeadura/plantio da cultura) e as hortaliças com registro estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Grupo químico, espectro de controle e translocação na planta dos herbicidas aplicados em pós-emergência das plantas daninhas (pós-semeadura/plantio da cultura) e as hortaliças com registro.

Ingrediente ativo	Grupo químico	Espectro de controle	Translocação na planta	Hortaliça com registro
Amônio-glufosinato	Ácidos fosfínicos	Monocotiledôneas e eudicotiledôneas	Imóvel	Alface ⁽¹⁾ , batata ⁽²⁾ , repolho ⁽¹⁾
Clethodim	Ciclohexanodionas	Gramíneas	Apossimplástica	Alho, batata, cebola, cenoura, melancia, tomate
Fenoxaprop-p-ethyl	Ariloxifenoxipropiônicos	Gramíneas	Apossimplástica	Alface, batata, cebola, cenoura, ervilha
Fluazifop-p-butyl	Ariloxifenoxipropiônicos	Gramíneas	Apossimplástica	Alface, batata, cebola, cenoura, tomate
Ioxynil	Benzonitrilas	Eudicotiledôneas	Imóvel	Alho, cebola
Linuron	Uréias substituídas	Eudicotiledôneas	Apoplástica	Alho, batata-salsa, cebola, cenoura, ervilha
Metamitron	Triazinonas	Eudicotiledôneas	Sem informação	Beterraba
Metribuzin	Triazinonas	Eudicotiledôneas	Apoplástica	Batata e Tomate
Paraquat	Bipiridílios	Monocotiledôneas e eudicotiledôneas	Imóvel	Batata ⁽²⁾
Quizalofop-pethyl	Ariloxifenoxipropiônicos	Gramíneas	Apossimplástica	Cebola, tomate

⁽¹⁾ Aplicação em jato dirigido; ⁽²⁾ Aplicação após o plantio e antes da brotação da batata.

Fontes: Rodrigues; Almeida (2011), Brasil (2018).

Considerações finais

No preparo convencional do solo, devido ao revolvimento do solo, há a quebra da dormência de sementes, a inversão do banco de sementes da planta daninha, trazendo para a superfície aquelas mais profundas e vice-versa; além de favorecer as espécies com estruturas de reprodução vegetativa, como *Cyperus rotundus* (tiririca) pela multiplicação e disseminação das estruturas

pela área. As espécies mais adaptadas ao preparo convencional serão desfavorecidas no sistema de plantio direto, em decorrência da ausência de revolvimento do solo e presença da cobertura morta.

No primeiro momento após a adoção do plantio direto ocorre redução acentuada na infestação de plantas daninhas do local. No entanto, o que se observa nas áreas já estabelecidas é uma mudança na flora infestante, em que espécies mais sensíveis à cobertura do solo e ausência de manejo mecânico, são inibidas; e as outras favorecidas. Por esse motivo, no segundo momento, a infestação de plantas daninhas no sistema de plantio direto, volta a aumentar, mas, com diversidade específica diferente daquela do preparo convencional. Isto é agravado nas áreas que se utilizam as próprias plantas daninhas como plantas de cobertura para produção de palha.

A finalidade desse texto é levar ao setor produtivo as dificuldades e aprimoramentos que precisam ser feitos no sistema de plantio direto de hortaliças, com ênfase no manejo de plantas daninhas. Ao lidar com produtos químicos, como os herbicidas, é necessária assessoria ou conhecimento técnico, para o sucesso no manejo, sem prejuízos como intoxicação da cultura, deriva ou residual no solo. Trata-se de um texto de conhecimento, cuja informação não é simples e fácil. Além disso, não há receita de bolo, o que há é o entendimento das dificuldades, para com isso, traçar o melhor caminho.

Referências

ALMEIDA, F. S. **Controle de plantas daninhas em plantio direto**. Londrina: IAPAR, 1991. 34 p. (IAPAR. Circular, 67).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins. **Agrofit**: consulta aberta. Brasília, DF, 2003. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 24 de jan. de 2018.

CARDOSO, E. J. B. N. Efeito da matéria orgânica na biologia do solo. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, 1992, Botucatu. **Matéria orgânica do solo**: problemas e soluções [anais]. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1992. p. 37-62.

CORREIA, N. M.; REZENDE, P. M. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da soja**. Lavras: UFLA, 2002. 55 p. (Boletim agropecuário, 51). Disponível em: <<http://www.editora.ufla.br/index.php/boletins-tecnicos-e-de-extensao/index.php/2-editora/71-baixar>>

boletins>. Acesso 19 jul. 2018.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 11-17, mar. 2004. Doi: 10.1590/S0100-83582004000100002

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C.; KLINK, U. P. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 245-253, jun. 2006. Doi: 10.1590/S0100-83582006000200006

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. D.; KLINK, U. P. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na eficácia de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da soja. **Bragantia**, v. 66, n. 1, p. 111-120, jan. 2007. Doi: 10.1590/S0006-87052007000100014

CORREIA, N. M. **Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de tomate rasteiro dos estados de GO, MG e SP**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2015. 49 p. (Embrapa Hortaliças. Documentos, 147). Disponível em: < <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1028984> > Acesso em: 17 jul. 2018.

CORREIA, N. M.; GOMES, L. J.; PERUSSI, F. J. Control of *Brachiaria decumbens* and *Panicum maximum* by S-metolachlor as influenced by the occurrence of rain and amount of sugarcane straw on the soil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, n. 4, p. 379-387, Oct./Dec. 2012.

DAO, T. H. Field decay of wheat straw and its effects on metribuzin and s-ethyl metribuzin sorption and elution from crop residue. **Journal of Environmental Quality**, v. 20, n. 1, p. 203-208, 1991.

FACTOR, T. L.; LIMA JÚNIOR, S.; PURQUERIO, L. F. V.; BREDA JÚNIOR, J. M.; CALORI, A. H. C. Produção de beterraba em plantio direto sob diferentes palhadas. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. S1861- S1866, jul. 2010. Suplemento. Edição dos Anais do 50º Congresso Brasileiro de Olericultura, Guarapari, 2010.

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J.; MORAIS, A. R.; ALMEIDA, K.; DUARTE, W. F. Adução verde no controle de plantas invasoras nas culturas de alface-americana e de repolho. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 5, p. 967-973, out. 2004. Doi: 10.1590/S1413-70542004000500001

JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; AGNES, E. L.; MIRANDA, G. V.; MACHADO, A. F. L. Efeitos de sistemas de manejo sobre a população de tiririca. **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 89-95, abr. 2003. Doi: 10.1590/S0100-83582003000100011

NEPOMUCENO, M.; CHINCHILLA, N.; VARELA, R. M.; MOLINILLO, J. M. G.; LACRET, R.; ALVES, P. L. C. A.; MACIAS, F. A. Chemical evidence for the effect of *Urochloa ruziziensis* on glyphosate-resistant soybeans. **Pest Management Science**, v. 73, n. 10, p. 2071-2078, Oct. 2017.

PITELLI, R.; DURIGAN, J. C. Ecologia das plantas daninhas no sistema de plantio direto. In: DÍAZ ROSSELLO, R. (Coord.). **Siembra directa en el Cono Sur**. Montevideo: PROCISUR, 2001. p. 203-210. (PROCISUR. Documentos).

REDDY, N. K.; LOCKE, M. A.; GASTON, L. A. Tillage and cover crop effects on cyanazine adsorption and desorption kinetics. **Soil Science**, v. 162, n. 7, p. 501-509, July 1997.

RODRIGUES, B. N.; LIMA, J. de; YADA, I. F. U.; FORNAROLLI, D. A. Influência da cobertura

morta no comportamento do herbicida trifluralin. **Planta Daninha**, v. 16, n. 2, p. 163-173, dez. 1998. Doi: 10.1590/S0100-83581998000200010.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. L. S. **Guia de herbicidas**. 6. ed., Londrina: Edição dos autores, 2011. 697 p.

ROTH, C. M.; SHROYER, J. P.; PAULSEN, G. M. Allelopathy of sorghum on wheat under several tillage systems. **Agronomy Journal**, v. 92, n. 5, p. 855-860, 2000.

SILVA HIRATA, A. C.; HIRATA, E. K.; MONQUERO, P. A.; GOLLA, A. R.; NARITA, N. Plantas de cobertura no controle de plantas daninhas na cultura do tomate em plantio direto. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 465-472, Oct. 2009. Doi: 10.1590/S0100-83582009000300006

SILVA HIRATA, A. C.; HIRATA, E. K.; GUIMARÃES, E. C.; RÓS, A. B.; MONQUERO, P. A. Plantio direto de alface americana sobre plantas de cobertura dessecadas ou roçadas. **Bragantia**, v. 73, n. 2, p. 178-183, abr./jun. 2014.

TEÓFILO, T. M. S.; FREITAS, F. C. L.; MEDEIROS, J. F.; FERNANDES, D.; GRANGEIRO, L. C.; TOMAZ, H. V. Q.; RODRIGUES, A. P. M. S. Eficiência no uso da água e interferência de plantas daninhas no meloeiro cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 547-556, 2012. Doi: 10.1590/S0100-83582012000300010

THEISEN, G.; VIDAL, R. A.; FLECK, N. G. Redução da infestação de *Brachiaria plantaginea* em soja pela cobertura do solo com palha de aveia preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 753-756, abr. 2000. Doi: 10.1590/S0100-204X2000000400011

VASCONCELLOS, C. A.; CAMPOLINA, D. C. A.; SANTOS, F. G.; EXEL PITTA, G. V.; MARRIEL, I. E. Resposta da soja e da biomassa de carbono do solo aos resíduos de cinco genótipos de sorgo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v. 23, n. 1, p. 69-77, mar. 1999. Doi: 10.1590/S0100-06831999000100009

